

УДК 535.6

**Володимир Андрійчук, д.т.н., проф.; Ярослав Осадца, к.т.н.; Роман Кріль;
Роман Івасечко, к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ КОЛЬОРОВОСТІ ПОВЕРХНІ
ТІЛА ЗА ДОПОМОГОЮ КАМЕР З МАТРИЧНИМИ ФОТОЧУТЛИВИМИ
ЕЛЕМЕНТАМИ**

Проведено моделювання стандартних джерел світла для колориметричних вимірювань. Запропоновано алгоритм визначення та ідентифікації мозаїчних хвороб рослин з використанням колориметричних вимірювань.

Ключові слова: координати кольору, світлодіод, джерело світла, спектр випромінювання

Volodymyr Andriychuk, Yaroslav Osadtsa, Roman Kril; Roman Ivasechko

**THE DEFINITION AND CALCULATION OF CHROMATICITY COORDINATES
OF THE BODY SURFACE USING CAMERAS WITH MATRIX PHOTSENSITIVE
ELEMENT**

The standard light sources for colorimetric measurements had simulated. The algorithm for detection and identification of plant diseases mosaic using colorimetric measurements is proposed.

Keywords: colorimetric measurement, LED, light source, spectral distribution

Необхідність розробки сучасних високоточних систем для вимірювання колірних характеристик поверхонь зумовлена, перш за все, широким впровадженням у світлотехнічну галузь нових технологій та підходів до одержання координат колірності поверхонь, що поставило нові вимоги до вимірювальних комплексів. У зв'язку з цим виникає задача розробки інформаційно-вимірювальних систем з використанням сучасних комп'ютерних технологій. На сьогоднішній день виробниками пропонується широка номенклатура різного роду цифрових пристроїв для колориметричних вимірювання. Перевагами таких вимірювальних приладів є оперативність та можливість отримання великої кількості даних одночасно, а також можливість збереження та відтворення інформації. Проте найбільш суттєвим недоліком таких колориметрів є їх вартість. Тому виникає задача пошуку можливостей використання більш доступніших пристроїв, використання яких дало б можливість із достатньою точністю отримувати інформацію про колірні характеристики об'єктів. Одним із методів вирішення такої задачі є застосування багатоеlementних давачів оптичного сигналу та пристроїв на їх основі. Ці давачі можна об'єднати в групи лінійних та матричних фотоперетворювачів, які є формувачами зображень в цифрових фото- та відеокамерах, а також в сканувальних пристроях. Колориметричні вимірювання з використанням матричних фото чутливих елементів базуються на отриманні інформації у вигляді масивів даних та проведенні розрахунку координат кольоровості по зображеннях отриманих поверхонь.

Нехай маємо дифузновідбиваючу поверхню зі спектральним коефіцієнтом відбивання $\rho(\lambda)$, яка освітлюється джерелом світла із густиною спектрального розподілу потоку випромінювання $\varphi(\lambda)$. Координати кольору такої поверхні в системі координат кольорів XYZ можна визначити за формулами:

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda, \\ Y &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda, \\ Z &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ – питомі координати кольору.

Координати кольоровості в даній системі визначаються за формулами

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z}, z = \frac{Z}{X+Y+Z}. \quad (2)$$

З допомогою цифрової фотокамери кольорове зображення поверхні формується комбінацією декількох монохроматичних зображень. В більшості випадків це зображення представляється в системі кольорів RGB, де базовими кольорами є червоний, зелений та синій. Перехід із системи RGB до стандартної колориметричної системи XYZ здійснюється шляхом множення матриці кольорів RGB на матрицю переходу M , яка в загальному випадку має вигляд

$$M = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Формула переходу має вигляд:

$$\begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_3 \\ G_3 \\ B_3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_3 \cdot x_1 + G_3 \cdot x_2 + B_3 \cdot x_3 \\ R_3 \cdot y_1 + G_3 \cdot y_2 + B_3 \cdot y_3 \\ R_3 \cdot z_1 + G_3 \cdot z_2 + B_3 \cdot z_3 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де X_3, Y_3, Z_3 та R_3, G_3, B_3 – координати кольору цифрового зображення в системах відповідно XYZ та RGB.

Зображення, отримані цифровими фотокамерами відповідають стандартам sRGB та AdobeRGB, кольоровий обхват яких відрізняється від кольорового обхвату системи XYZ, яка рекомендована МКО. Тому значення елементів матриці переходу є різними та залежать від стандарту, якому відповідає зображення. На основі цього, можна припустити, що

$$\left. \begin{aligned} X &= k_x \cdot X_3 \\ Y &= k_y \cdot Y_3 \\ Z &= k_z \cdot Z_3 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

де k_x, k_y, k_z – коефіцієнти пропорційності між реальними координатами кольору та координатами кольору, отриманими з допомогою фотокамери.

Підставляючи рівняння (5) в (2), отримаємо

$$x = \frac{k_x \cdot X_3}{k_x \cdot X_3 + k_y \cdot Y_3 + k_z \cdot Z_3}, y = \frac{k_y \cdot Y_3}{k_x \cdot X_3 + k_y \cdot Y_3 + k_z \cdot Z_3}, z = \frac{k_z \cdot Z_3}{k_x \cdot X_3 + k_y \cdot Y_3 + k_z \cdot Z_3}. \quad (6)$$

На основі формул (4) – (6) в даній роботі проведено розрахунок координат кольоровості поверхонь несамосвітніх об'єктів по їх зображеннях, отриманих за допомогою фотокамери на основі матричного фотоперетворювача. Значення коефіцієнтів пропорційності k_x, k_y, k_z отримано експериментально в залежності від стандарту зображення та функції спектрального розподілу потоку випромінювання $\varphi(\lambda)$ джерела світла, яке освітлює поверхню об'єкта.